

長寿命の原子燃料(高燃焼度燃料)の開発

原子燃料のこれまでとこれから

Development of Long Life Nuclear Fuel (High Burn Up Nuclear Fuel)

History of High Burn Up Nuclear Fuel Development

(原子力管理部 技術G)

原子力では燃料の信頼性、経済性向上の観点から長寿命の原子燃料(高燃焼度燃料)の開発を進めており、順次段階的に使用済燃料の燃焼度をあげてきた。そして、さらなる高燃焼度化のために基本要素となる被覆管、ペレットに立ち返って開発を進めている。

(Engineering Section, Nuclear Power Operations Department)

Development of long life fuel (high burn up nuclear fuel) is underway in our Nuclear Power Operation with a view toward enhancing the plant operating and other performance. BWR fuel design has been revised for the stepwise burn up extension. However, for higher burn up, development of a cladding tube and pellets is necessary.

1 開発の背景

運転期間(通常13ヶ月程度)を長期化しない場合であっても原子燃料を長寿命化(高燃焼度化)することによって定期点検時の燃料取替体数を削減することができ、それにより使用済燃料発生量の低減、燃料サイクルコストの低減が可能となり、原子燃料サイクルとしての負担の軽減更には原子力発電コストの低減が期待できる。

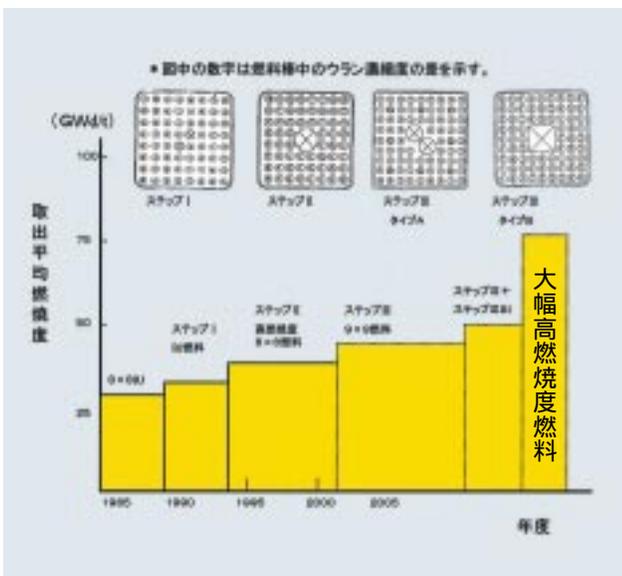
さらに、高燃焼度化は将来の運転期間の長期化への対応も可能となる技術である。

2 高燃焼度化のあゆみ

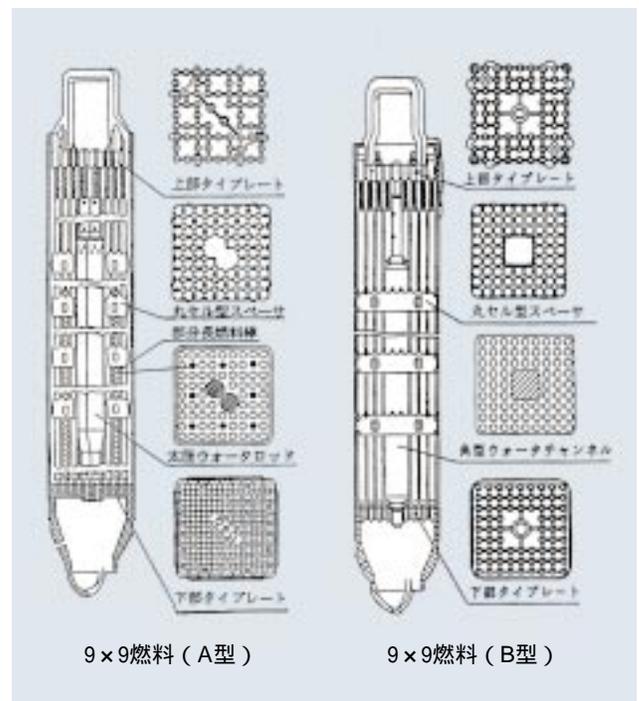
日本のBWR燃料は段階的な燃焼度伸長にあわせて設計改良が加えられてきた。第1図に高燃焼度化を目

指した開発の概略を示す。第1段階のステップ燃料(BJ燃料)は、取出平均燃焼度33GWd/tの8×8型燃料として開発されたもので、被覆管内面に純Zrを張ったZrライナ及び高耐食性被覆管の採用が特徴である。取出平均燃焼度39.5GWd/tのステップ燃料(高燃焼度8×8燃料)は、中央部の太径のウォーターロッドと60本の燃料棒による8×8型である。ステップ燃料では従来の格子型スペーサに替えて丸セル型スペーサを採用し、熱除去能力の改善を図っている。

第2図に示すステップ燃料(9×9燃料)では、取出平均燃焼度が45GWd/tに増加している。主な設計変更点は2本の太径ウォーターロッド(A型)または角管型ウォーターチャンネル(B型)を配した9×9型格



第1図 燃焼度と伸長と燃焼タイプ



第2図 燃料集合体断面図

子の採用であり、原子炉の動特性と安全性に寄与するボイド反応度係数を適切に設計するため水対ウラン比の最適化を図っている。現在、当社では、ステップ燃料を採用するための許認可手続きを実施中である。

また、今後短期的に実用可能な燃料としては、ステップ燃料の機械強度特性及び圧力損失特性を改良した取出平均燃焼度50GWd/tの、ステップ + 燃料及びステップ BI燃料を開発中である。

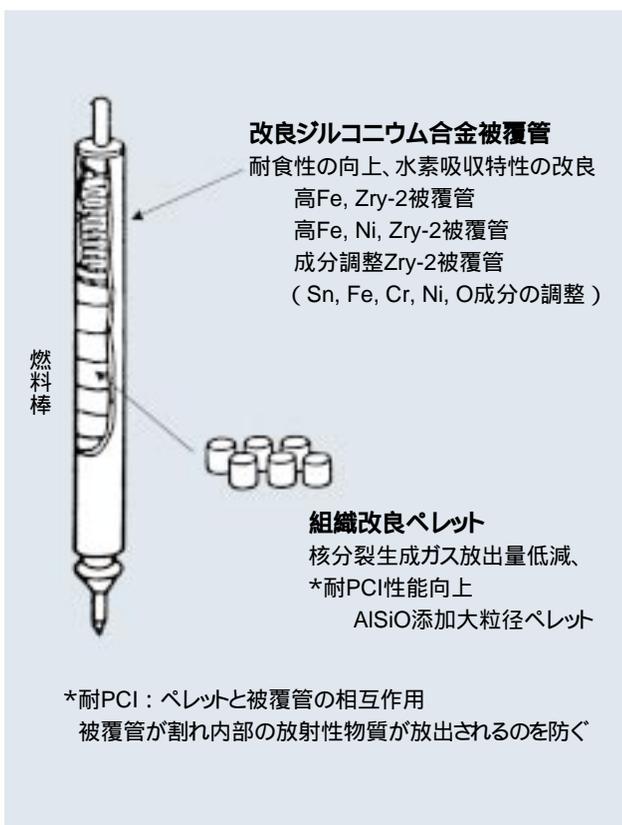
さらに中長期的に実用化を目指している大幅高燃焼度燃料開発のための基礎研究を進めている。

3

大幅高燃焼度燃料の開発

原子燃料1体あたりの取出平均燃焼度70GWd/tを目標とした大幅高燃焼度燃料を開発するには、部分的には80GWd/tを超える照射に耐えうることが必要となり、被覆管、燃料ペレットなど基本的な燃料要素の開発が不可欠であるため、これらに関する基礎研究を実施している。その際、被覆管については耐食性の向上（被覆管酸化の抑制）と水素吸収特性の改良が重要な検討項目となる。

また、ペレットについては核分裂生成ガス放出の低減と、ペレット膨張による被覆管との機械的相互作用の低減（耐PCI性能の向上）が重要な検討項目と



第3図 大幅高燃焼度先行照射燃料の特徴

なる。

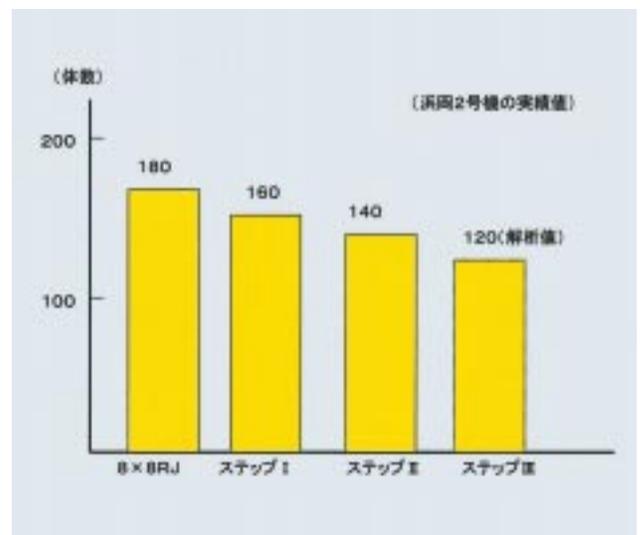
これらのことを勘案し、被覆管については、種々のZr合金の中でもFe、Ni濃度をジルカロイ - 2仕様よりも増加させた改良ジルカロイ - 2の合金が水素吸収及び水環境による酸化に対する耐性の観点でジルカロイ - 2と比べて優位であることを確認した。また、燃料ペレットについても様々な試みがなされ、ペレット内の粒径を大きくした大粒径ペレットについて種々のタイプを照射試験に供した。その結果、アルミナシリケート(Al-Si-O)添加大粒径ペレットが核分裂生成ガス放出を抑制し、ペレット体積の膨張が小さく標準ペレットより優れていることを確認した。また、大粒径ペレットには照射欠陥蓄積を抑制する効果も認められた。第3図にこれら改良材の仕様を示す。これら改良材を組み込んだ先行照射燃料は、海外商用BWRに装荷され照射を継続して実施しているところである。

4

高燃焼度化に伴う効果

これまでの高燃焼度化により、第4図に示すように取替体数の低減、即ち使用済燃料発生量の低減、燃料サイクル経済性の向上が図られた。

しかしながら更に燃焼度を伸ばす場合は、新燃料のウラン濃縮度や使用済燃料の燃焼度が現状の原子燃料サイクル関係施設が想定している範囲を超えるので、それら施設への影響評価も必要である。そのため、安全性確保を大前提に、その実用化時期や必要な環境整備の検討に取り組んでいきたい。



第4図 燃料取替体数の変遷



執筆者 / 小和田浩嗣
Owada.Hiroshi@chuden.co.jp